

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-312667

(43)Date of publication of application : 09.11.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/3065  
H01L 21/027

(21)Application number : 10-091132 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRON CORP

(22)Date of filing : 03.04.1998 (72)Inventor : OKUNI MITSUHIRO

(30)Priority

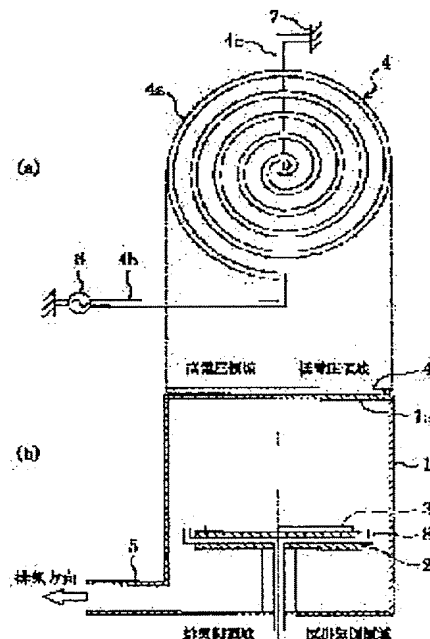
Priority number :	10 44817	Priority date :	26.02.1998	Priority country :	JP
-------------------	----------	-----------------	------------	--------------------	----

## (54) PLASMA ETCHING DEVICE AND METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve an etched film in uniformity of etching rate throughout its surface, when a film is etched through a plasma etching device.

**SOLUTION:** A specimen pad 2, where a semiconductor substrate 3 is held and an electric power of high-frequency is applied is provided to the lower part of a chamber 1, and a gas inlet 8 through which etching gas is introduced into the chamber 1 and a gas exhaust vent 5, through which the gas inside the chamber 1 is exhausted, are provided to the chamber 1. An inductively coupled single spiral coil 4 is arranged above and outside the chamber 1, the one end of the single spiral coil 4 is connected to a high-frequency power supply source 6, and the other end of the spiral coil is grounded. The high voltage region of the single spiral coil 4, and the exhaust-side region of the specimen pad 2 are located substantially on the same side with respect to the center axis of the chamber 1.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 16.04.1998

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision  
of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number] 2972707

[Date of registration] 27.08.1999

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-312667

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065  
21/027

H 0 1 L 21/302  
21/30

B

5 7 4

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-91132

(22) 出願日 平成10年(1998)4月3日

(31) 優先権主張番号 特願平10-44817

(32) 優先日 平10(1998)2月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 大國 充弘

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

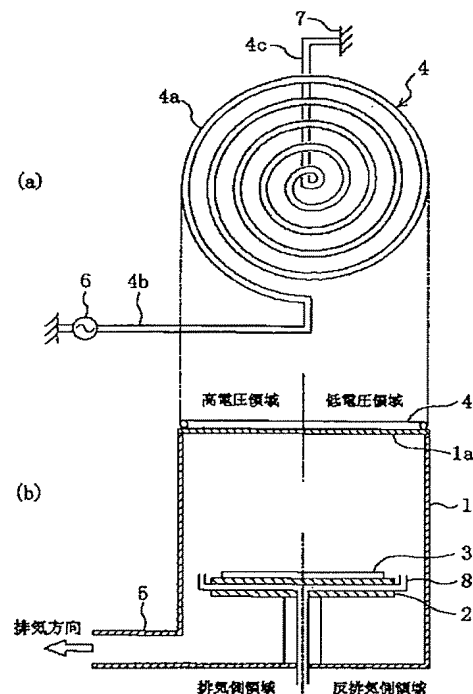
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 プラズマエッチング装置を用いて被エッチング膜に対してエッチングを行なう場合におけるエッチングレートの面内均一性を向上させる。

【解決手段】 チャンバー1の下部には、半導体基板3を保持すると共に高周波電力が印加される試料台2が設けられていると共に、チャンバー1には、チャンバー1内にエッチングガスを導入するためのガス導入部8及びチャンバー1内のガスを排出するガス排出部5が設けられている。チャンバー1の外部の上側には誘導結合型のシングルスパイラルコイル4が配置されており、該シングルスパイラルコイル4の一端部は高周波電力供給源6に接続されていると共に、シングルスパイラルコイル4の他端部は接地されている。シングルスパイラルコイル4の高電圧領域と試料台2の排気側領域とは、チャンバー1の中心軸に対してほぼ同じ側に位置している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チャンバーと、前記チャンバーに設けられ前記チャンバー内にエッチングガスを導入するガス導入部と、前記チャンバーの側部に設けられ前記チャンバー内のガスを排出するガス排出部と、前記チャンバーの内部に設けられた試料台と、前記チャンバーの外部に前記試料台と対向するように設けられ高周波誘導電界により前記エッチングガスからなるプラズマを発生させるスパイラルコイルとを備えたプラズマエッチング装置において、

前記スパイラルコイルの高電圧領域と前記試料台の排気側領域とは前記チャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置していることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 2】 前記スパイラルコイルは、平面形状又はドーム形状を有するシングルスパイラルコイルであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 3】 前記スパイラルコイルは、互いに並列に配置された複数のスパイラルコイルのうち最大の長さを有するスパイラルコイルであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 4】 前記スパイラルコイルに印加される高周波電力は前記試料台に印加される高周波電力よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 5】 チャンバー内に導入されたエッチングガスを、前記チャンバー内の試料台と対向するように設けられたスパイラルコイルに発生する高周波誘導電界によってプラズマ化するプラズマ発生工程と、プラズマ化した前記エッチングガスを前記試料台に保持された基板の被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、前記チャンバー内のガスを前記チャンバーの側壁に設けられたガス排出部から排出するガス排出工程とを備えたプラズマエッチング方法において、

前記エッチング工程は、前記スパイラルコイルの高電圧領域と前記試料台の排気側領域とを前記チャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置させた状態で、プラズマ化した前記エッチングガスを前記被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングする工程を含むことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 6】 前記スパイラルコイルに印加される高周波電力は前記試料台に印加される高周波電力よりも大きいことを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 7】 前記被エッチング膜は有機膜であることを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項 8】 前記被エッチング膜は有機系反射防止膜

又はレジスト膜であることを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法に関し、特に、チャンバー内の試料台と対向するように設けられたスパイラルコイルに発生する高周波誘導電界により発生したプラズマによって被エッチング膜をエッチングするプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路素子の微細化に伴って、リソグラフィ工程における露光光は短波長化しており、現在では、光源として KrF エキシマレーザ（波長 248 nm）又は ArF エキシマレーザ（波長 193 nm）が用いられている。

【0003】ところで、露光光の光源が短波長化すればするほど、レジスト膜に対して露光を行なう際の露光光の基板反射率が増加するため、露光光が基板で反射されてなる反射光に起因するレジストパターンの寸法変動が起きやすい。

【0004】そこで、最近では、反射光のレジスト膜への入射を抑制するために、レジスト膜の下に有機系反射防止膜（Organic Bottom Anti-Reflective Coating：以下、ARC と称する。）を形成するプロセスが用いられている。この ARC プロセスは、主として、ゲート幅が 0.25  $\mu\text{m}$  以下のルールを持つ高性能デバイスにおける半導体素子の製造工程において用いられる技術である。

【0005】一方、この ARC プロセスにおいては、従来のリソグラフィ技術によってレジストパターンを形成した後に ARC をエッチングする必要がある。そこで、ARC をエッチングする際には、各種のプラズマエッチング装置が用いられており、その中でも、スパイラルコイルを有する誘導結合型プラズマ（Inductively Coupled Plasma：ICP）エッチング装置がよく用いられている。

【0006】スパイラルコイルを有する誘導結合型プラズマエッチング装置としては、コイル形状が平面型である誘導結合型プラズマエッチング装置（USP. 4948458）及びコイル形状がドーム型である誘導結合型プラズマエッチング装置（USP. 5614055）等が知られている。

【0007】以下、平面型のシングルスパイラルコイルを有する従来の誘導結合型プラズマエッチング装置について図 10 を参照しながら説明する。

【0008】図 10 に示すように、接地されており且つ内壁面がセラミック、アルミナ又は石英等の絶縁物で覆われたチャンバー 1 の下部には、高周波電力が印加される下部電極としての試料台 2 が設けられており、該試料台 2 の上には被エッチング試料としての半導体基板 3 が

載置されている。チャンパー１には、エッチングガスをマスフローコントローラを介してチャンパー１内に導入するためのガス導入部（図示は省略している。）が設けられていると共に、チャンパー１内の圧力を $0.1\text{Pa}$ ～ $10\text{Pa}$ 程度に制御するターボポンプに接続されたガス排出部５が設けられている。

【０００９】チャンパー１の外部の上側には、試料台２と対向するように誘導結合型のシングルスパイラルコイル４が配置されており、該シングルスパイラルコイル４の一端部は図示しない整合回路を介して高周波電力供給源に接続されていると共に、シングルスパイラルコイル４の他端部はチャンパー１の壁部に接続されることにより接地されており、これらによって、シングルスパイラルコイル４には高周波誘導電界が発生し、発生した高周波誘導電界によって、チャンパー１内に導入されたエッチングガスはプラズマ化される。プラズマ化されたエッチングガスは、試料台２に印加される高周波電力によって試料台２に保持された半導体基板３の被エッチング膜に導かれて、該被エッチング膜をエッチングする。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】ところで、本件発明者が、前記の平面型のシングルスパイラルコイル４を有する複数の誘導結合型プラズマエッチング装置を用いて、被エッチング膜としてのＡＲＣに対してエッチング処理を行なったところ、同一の機種であってもプラズマエッチング装置が異なると、エッチングレートの面内均一性にばらつきが発生するという問題が起こった。

【００１１】エッチングレートの面内均一性とは、被エッチング膜の面内におけるエッチングレートのばらつきの程度を意味し、 $3\sigma/\mu \times 100(\%)$ で定義する。ここで、 $\sigma$ はデータ値の標準偏差、 $\mu$ はデータ値の平均値であって、 $3\sigma$ は、データ値のばらつきが正規分布を示すときは、図１７に示すように、データ値の $99.74\%$ が含まれる偏差を意味する。尚、 $3\sigma$ 及び $\mu$ は具体的には【数１】に示すとおりである。

【００１２】

【数１】

$$3\sigma = 3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}}$$

$$\text{但し } \mu : \text{平均値} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$n$  : サンプル数

$X_i$  : 第  $i$  番目のデータ値

【００１３】尚、従来のプラズマエッチング装置を用いてエッチングレートの面内均一性を求めたときのプラズマエッチング処理の処理条件は【表１】に示すとおりで

ある。【表１】において、ＩＣＰとはシングルスパイラルコイル４に印加される高周波電力を示し、ＲＦとは試料台２に印加される高周波電力を示している。

【００１４】

【表１】

$N_2 / O_2$	30 / 30 (sccm)
ICP / RF	350 / 50 (W)
圧 力	8 (mTorr)
試料台の温度	10 (℃)

【００１５】また、誘導結合型プラズマエッチング装置の装置名とエッチングレートの面内均一性との関係は

【表２】に示すとおりである。尚、被エッチング膜としては、図１８（ａ）に示すように、半導体基板１０の上に形成されたＡＲＣ１１に対して行なった。

【００１６】

【表２】

装置名	均一性のばらつき
A 機	$\pm 4.5\%$
B 機	$\pm 2.1\%$
C 機	$\pm 5.6\%$
D 機	$\pm 5.1\%$
E 機	$\pm 3.3\%$
F 機	$\pm 6.8\%$
G 機	$\pm 2.6\%$

【００１７】【表２】から分かるように、ＡＲＣ１１に対するエッチングレートの面内均一性は、Ａ機で $\pm 4.5\%$ 、Ｂ機で $\pm 2.1\%$ 機、Ｃ機で $\pm 5.6\%$ 、Ｄ機で $\pm 5.1\%$ 、Ｅ機で $\pm 3.3\%$ 、Ｆ機で $\pm 6.8\%$ 、Ｇ機で $\pm 2.6\%$ であって、一定ではない。

【００１８】エッチングレートの面内均一性が悪いということは、被エッチング膜の面内における実際のエッチング量のばらつきを招く。被エッチング膜の面内において実際のエッチング量がばらつくと、例えば、エッチン

グによりFETのゲート電極を形成する場合には、FETの特性がばらつく等の悪影響が発生する。

【0019】前記に鑑み、本発明は、プラズマエッチング装置を用いて被エッチング膜に対してエッチングを行なう場合におけるエッチングレートの面内均一性を向上させると共に、同一機種のプラズマエッチング装置間のエッチングレートの面内均一性のばらつきを低減することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】本件発明者は、前記のA機～G機の各装置について種々の検討を行なった結果、シングルスパイラルコイル4とガス排出部5との位置関係が装置毎に異なることを見出した。

【0021】そこで、シングルスパイラルコイル4とガス排出部5との位置関係がエッチングレートの均一性に影響を及ぼすのではないかと考え、その理由について検討を加えた結果、シングルスパイラルコイル4とガス排出部5との位置関係のばらつきに起因して、チャンパー1内のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布が不均一になることを見出した。以下、この点について説明する。

【0022】まず、図11に示すように、シングルスパイラルコイル4を、高周波誘導電界に直接に寄与するコイル部分4aと、コイル部分4aと高周波電源6との間に位置する電源側引き出し部4bと、コイル部分4aと接地源7との間に位置する接地側引き出し部4cとの3つの部分に分けると共に、コイル部分4aを、コイル部分4aと電源側引き出し部4bとの接続点である電源接続点Aとコイル部分4aの中心点Bとを結ぶ第1の直線L1で2つの領域に分離して考える。そして、コイル部分4aにおける第1の直線L1で分離された2つの領域のうち、電源接続点Aに直接に接続される部分が含まれる領域を高電圧領域（高周波電圧が相対的に高い領域）と定義すると共に、電源接続点Aに直接に接続される部分が含まれない領域を低電圧領域（高周波電圧が相対的に低い領域）と定義する。

【0023】また、図12に示すように、試料台2を該試料台2の中心部Cとガス排出部5の中心部Dとを結ぶ直線に対して垂直な直線である第2の直線L2で2つの領域に分離して考え、分離された2つの領域のうち、ガス排出部5に近い方の領域を排気側領域と定義すると共に、ガス排出部5から遠い方の領域を反排気側領域と定義する。

【0024】さらに、図13に示すように、第1の直線L1が第2の直線L2に対して、排気側領域と低電圧側領域とが重なるように（つまり反排気側領域と高電圧領域とが重なるように）一致する状態から時計回りに回転している角度を回転角度 $\theta$ と定義する。

【0025】前記のA機～G機の各装置についての回転角度 $\theta$ は〔表3〕に示すとおりである。

【0026】

【表3】

装置名	回転角度 $\theta$
A 機	90°
B 機	150°
C 機	60°
D 機	75°
E 機	120°
F 機	30°
G 機	135°

【0027】〔表3〕から分かるように、従来のプラズマエッチング装置においては、第1の直線L1が第2の直線L2に対して時計回りに回転している回転角度 $\theta$ はバラバラである。また、〔表2〕と〔表3〕との対比から、回転角度 $\theta$ とエッチングレートの面内均一性との間には相関関係があると共に回転角度 $\theta$ が大きいほどエッチングレートの面内均一性は向上することが分かった。

【0028】この理由としては、図14（a）に示すように、チャンパー1のプラズマ発生領域における試料台2の反排気側領域と対応する領域は、試料台2の排気側領域と対応する領域に比べて、反応性ラジカルの分布量が多いこと、及び、図14（b）に示すように、チャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4の高電圧領域と対応する領域は、シングルスパイラルコイル4の低電圧領域と対応する領域に比べて、プラズマ密度が高いため反応性ラジカルの分布量が多いことが考えられる。

【0029】従って、図15（a）に示すように、試料台2の排気側領域とシングルスパイラルコイル4の高電圧領域とを同じ側に位置させると共に、試料台2の反排気側領域とシングルスパイラルコイル4の低電圧領域とを同じ側に位置させると、チャンパー1のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量が均一になる。これに対して、図15（b）に示すように、試料台2の排気側領域とシングルスパイラルコイル4の低電圧領域とを同じ側に位置させると共に、試料台2の反排気側領域とシングルスパイラルコイル4の高電圧領域とを同じ側に位置させると、チャンパー1のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量は不均一になって、前者の

領域は後者の領域に比べて反応性ラジカルの分布量は少なくなる。

【００３０】本発明は前記の知見に基づいてなされたものであって、スパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とをチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置させることによって、チャンバー１のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量を均一化するものである。従来のプラズマエッチング装置は、試料台２の上に載置される半導体基板３に印加されるイオン電流の密度を均一にすることのみを重視していたのに対して、本発明は、試料台２の上に載置される半導体基板３に照射される反応性ラジカルを均一にすることを重視するものである。

【００３１】具体的には、本発明に係るプラズマエッチング装置は、チャンバーと、チャンバーに設けられチャンバー内にエッチングガスを導入するガス導入部と、チャンバーの側部に設けられチャンバー内のガスを排出するガス排出部と、チャンバーの内部に設けられた試料台と、チャンバーの外部に試料台と対向するように設けられ高周波誘導電界によりエッチングガスからなるプラズマを発生させるスパイラルコイルとを備えたプラズマエッチング装置を前提とし、スパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とはチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置している。

【００３２】ここに、スパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とがチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置するとは、図１６（ａ）に示すように、第１の直線Ｌ１が第２の直線Ｌ２に対して時計回りに回転する回転角度 $\theta$ が、 $+135^\circ \sim +180^\circ$ の間である状態、つまりオーバーラップ角度が $135^\circ \sim 180^\circ$ 度である状態、又は、図１６（ｂ）に示すように、第１の直線Ｌ１が第２の直線Ｌ２に対して時計回りに回転する回転角度 $\theta$ が $-135^\circ \sim -180^\circ$ の間である状態、つまりオーバーラップ角度が $135^\circ \sim 180^\circ$ 度である状態を意味する。

【００３３】本発明のプラズマエッチング装置によると、スパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とがチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置しているため、スパイラルコイルの低電圧領域と試料台の反排気側領域とは必然的にチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置している。チャンバーのプラズマ発生領域におけるスパイラルコイルの低電圧領域と対応する領域は反応性ラジカルの分布量が相対的に少なく且つ試料台の反排気側領域と対応する領域は反応性ラジカルの分布量が相対的に多いので、チャンバーのプラズマ発生領域における低電圧領域及び反排気側領域と対応する領域においては、反応性ラジカルの分布量は平均的になる。また、チャンバーのプラズマ発生領域におけるスパイラルコイルの高電圧領域と対応する領域は反応性ラジカルの分布量が相対的に多く且つ試料台の排気側領域と

対応する領域は反応性ラジカルの分布量が相対的に少ないので、チャンバーのプラズマ発生領域における高電圧領域及び排気側領域と対応する領域においても、反応性ラジカルの分布量は平均的になる。

【００３４】従って、チャンバーのプラズマ発生領域における高電圧領域及び排気側領域と対応する領域及びチャンバーのプラズマ発生領域における低電圧領域及び反排気側領域と対応する領域のいずれにおいても、反応性ラジカルの分布量は平均化されるため、チャンバーのプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量は均一になる。

【００３５】本発明のプラズマエッチング装置において、スパイラルコイルは、平面形状又はドーム形状を有するシングルスパイラルコイルであることが好ましい。

【００３６】本発明のプラズマエッチング装置において、スパイラルコイルは、互いに並列に配置された複数のスパイラルコイルのうち最大の長さを有するスパイラルコイルであることが好ましい。

【００３７】本発明のプラズマエッチング装置において、スパイラルコイルに印加される高周波電力は試料台に印加される高周波電力よりも大きいことが好ましい。

【００３８】本発明に係るプラズマエッチング方法は、チャンバー内に導入されたエッチングガスを、チャンバー内の試料台と対向するように設けられたスパイラルコイルに発生する高周波誘導電界によってプラズマ化するプラズマ発生工程と、プラズマ化したエッチングガスを試料台に保持された基板の被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、チャンバー内のガスをチャンバーの側壁に設けられたガス排出部から排出するガス排出工程とを備えたプラズマエッチング方法を前提とし、エッチング工程は、スパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とをチャンバーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置させた状態で、プラズマ化したエッチングガスを被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングする工程を含む。

【００３９】本発明のプラズマエッチング方法によると、チャンバーのプラズマ発生領域における高電圧領域及び排気側領域と対応する領域及びチャンバーのプラズマ発生領域における低電圧領域及び反排気側領域と対応する領域のいずれにおいても、反応性ラジカルの分布量が平均化されるため、チャンバーのプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量は均一になる。

【００４０】本発明のプラズマエッチング方法において、スパイラルコイルに印加される高周波電力は試料台に印加される高周波電力よりも大きいことが好ましい。

【００４１】また、本発明のプラズマエッチング方法において、被エッチング膜は有機膜であることが好ましい。

【００４２】また、本発明のプラズマエッチング方法において、被エッチング膜は有機系反射防止膜又はレジス

ト膜であることが好ましい。

#### 【0043】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明の第1の実施形態に係るプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法について図1（a）、（b）及び図2を参照しながら説明する。

【0044】チャンパー1は、外径が例えば400mm、高さが例えば300mmの円筒状であって、チャンパー1の内壁面はセラミック、アルミナ又は石英等の絶縁物で覆われている。チャンパー1の内部には高周波電力が印加される下部電極としての試料台2が設けられており、試料台2の上には被エッチング試料としての半導体基板3が載置されている。チャンパー1の内部における試料台2の周囲には、エッチングガスをマスフローコントローラを介してチャンパー1内に導入するためのガス導入部8が分散して設けられていると共に、チャンパー1の側部には、チャンパー1内の圧力を0.1Pa～10Pa程度に制御するターボポンプに接続されたガス排出部5が設けられている。

【0045】チャンパー1の天井部に設けられた厚さが例えば20mmの石英板1aの上には、試料台2と対向するように誘導結合型のシングルスパイラルコイル4が配置されており、シングルスパイラルコイル4は、高周波誘導電界に直接に寄与するコイル部分4aと、コイル部分4aと高周波電源6との間に位置する電源側引き出し部4bと、コイル部分4aと接地源7との間に位置する接地側引き出し部4cとの3つの部分から構成されている。シングルスパイラルコイル4の電源側引き出し部4bは図示しない整合回路を介して第1の高周波電力を供給する高周波電力供給源6に接続されていると共に、シングルスパイラルコイル4の接地側引き出し部4cはチャンパー1の壁部に接続されることにより接地されており、これらによって、シングルスパイラルコイル4には高周波誘導電界が発生し、発生した高周波誘導電界により、チャンパー1内に導入されたエッチングガスはプラズマ化される。プラズマ化されたエッチングガスは、試料台2に印加される第2の高周波電力によって試料台2に保持された半導体基板3の被エッチング膜に導かれて、該被エッチング膜をエッチングする。

【0046】第1の実施形態の特徴として、シングルスパイラルコイル4の相対的に電圧が高い領域である高電圧領域と試料台2のガス排出部5側の領域である排気側領域とは、チャンパー1の中心軸に対して同じ側（図1における左側）に位置していると共に、シングルスパイラルコイル4の相対的に電圧が低い領域である低電圧領域と試料台2のガス排出部5と反対側の領域である反排気側領域とは、チャンパー1の中心軸に対して同じ側（図1における右側）に位置している。すなわち、第1の直線L1が第2の直線L2に対して時計回りに回転する回転角度 $\theta$ （図11～図13を参照）は180度にな

っている。

【0047】従って、チャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4の高電圧領域と対応すると共に試料台2の排気側領域と対応する領域、及びチャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4の低電圧領域と対応すると共に試料台2の反排気側領域と対応する領域のいずれにおいても、反応性ラジカルの分布量は平均化されるため、チャンパー1のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量が均一になるので、試料台2に保持された半導体基板3の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一になる。

【0048】第1の実施形態に基づいて図10に示したARC11に対して、[表1]に示すエッチング条件でプラズマエッチングを行なったところ、エッチングレートの均一性は±1.0%であって、エッチングレートのプラズマエッチング装置毎のばらつきはなかった。

【0049】尚、第1の直線L1が第2の直線L2に対して時計回りに回転する回転角度 $\theta$ は180度でなくてもよく、図16（a）に示すように回転角度 $\theta$ が+135度～+180度の間又は図16（b）に示すように回転角度 $\theta$ が-135度～-180度の間、つまりオーバーラップ角度が135度～180度であれば、エッチングレートの均一性を向上させる効果が実験により認められ、回転角度 $\theta$ が+170度～+180度の間又は-170度～-180度の間、つまりオーバーラップ角度が170度～180度であれば、エッチングレートの均一性を向上させる効果は極めて大きいことが実験により認められた。

【0050】図3は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング装置におけるシングルスパイラルコイル4の第1の具体例を示しており、シングルスパイラルコイル4は内径3/8インチ（約0.95cm）の銅の角パイプよりなり、a:1.2cm、b:1.3cm、c:2.5cm、d:5.1cm、e:8.8cm、f:12.5cm、g:15.0cmである。尚、シングルスパイラルコイル4は銅以外の導電体により形成してもよいし、角パイプに代えて丸パイプでもよい。

【0051】図3に示すように、シングルスパイラルコイル4のコイル部分4aにおいては、高電圧領域を構成するA1部分、A2部分及びA3部分の接地電圧に対する各平均電位差は、低電圧領域を構成するB1部分、B2部分及びB3部分の接地電圧に対する各平均電位差に比べてそれぞれ大きいので、コイル部分4aの高電圧領域により発生する容量結合プラズマ成分によって石英板1aに掛かるDCバイアス成分及び高周波誘導電界は、コイル部分4aの低電圧領域により発生する容量結合プラズマ成分によって石英板1aに掛かるDCバイアス成分及び高周波誘導電界よりも大きい。

【0052】図4は、第1の実施形態に係るプラズマエ



ッティング装置におけるシングルスパイラルコイル4の第2の具体例を示しており、第2の具体例に係るシングルスパイラルコイル4は第1の具体例のスパイラルコイル4と平面構造が若干異なっている。すなわち、シングルスパイラルコイル4は十文字状の絶縁性のコイル保持板9に保持されており、シングルスパイラルコイル4のコイル部分4aがコイル保持板9の上に絶縁体を介して載置されていると共に、シングルスパイラルコイル4の電源側引き出し部4bは、コイル部分4aの外周端から屈折して内側へ延びた後、コイル保持板9を下側から上側に貫通し、その後、120度程度周回した後、コイル保持板9の中央部で高周波電力供給源6に接続されている。

【0053】（第2の実施形態）以下、本発明の第2の実施形態に係るプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法について図5（a）、（b）を参照しながら説明する。尚、第2の実施形態においては、チャンパー1の平面形状、試料台2、ガス導入部8及びガス排出部5については、第1の実施形態と同様であるので説明を省略する。

【0054】第2の実施形態の特徴として、チャンパー1の天井部にはドーム状の石英板1aが設けられており、該ドーム状の石英板1aの上には、試料台2と対向するように、複数のスパイラルコイル、例えば、第1のスパイラルコイル4A、第2のスパイラルコイル4B及び第3のスパイラルコイル4Cが配置されている。第1～第3のスパイラルコイル4A～4Cは、互いに120度ずつ円周方向にずれて並列に配置されていると共に約1.25周分の長さをそれぞれ有している。

【0055】第2の実施形態のように、複数のスパイラルコイルが並列に配置された構造を有する場合には、最大のコイル長を有する最外周の第1のスパイラルコイル4Aの高電圧領域と試料台2の排気側領域とがチャンパー1の中心軸に対して同じ側に位置していると共に、第1のスパイラルコイル4Aの低電圧領域と試料台2の反排気側領域がチャンパー1の中心軸に対して同じ側に位置しているときに、チャンパー1のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量が均一になって、試料台2に保持された半導体基板3の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一になる。

【0056】以下、第1の実施形態及び第2の実施形態に係るプラズマエッチング方法における、エッチングレートの均一性の高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度に対する依存性について図6を参照しながら説明する。

【0057】図6は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング方法（平板状シングルスパイラルコイル型ICP）及び第2の実施形態に係るプラズマエッチング方法（ドーム状3分割スパイラルコイル型ICP）における、エッチングレートの均一性とオーバーラップ角度と

の関係を示しており、プラズマエッチング処理の処理条件は〔表4〕に示すとおりである。〔表4〕において、ICPとはシングルスパイラルコイル4又は第1～第3のスパイラルコイル4A～4Cに印加される高周波電力を示し、RFとは試料台2に印加される高周波電力を示している。

【0058】

〔表4〕

SO <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>	30 / 30 (sccm)
ICP / RF	350 / 50 (W)
圧 力	8 (mTorr)
試料台の温度	10 (℃)

【0059】図6に示すように、オーバーラップ角度が180度に近づくにつれて、エッチングレートの均一性が向上することが分かる。

【0060】オーバーラップ角度が180度に近づくにつれてエッチングレートの均一性が向上する理由は、前述したように、チャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4又は第1～第3のスパイラルコイル4A～4Cの高電圧領域（又は低電圧領域）と試料台2の排気側領域（又は反排気側領域）とが一致しているため、チャンパー1のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量が均一になるので、試料台2に保持された半導体基板3の被エッチング膜に対するエッチングレートが均一になるためである。

【0061】（第3の実施形態）以下、本発明の第3の実施形態に係るプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法について、図1（a）、（b）、図7及び図18（b）を参照しながら説明する。

【0062】第3の実施形態は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング装置を用いて、図18（b）に示すような、半導体基板10の上にシリコン酸化膜12を介して堆積されたポリシリコン膜13に対してドライエッチングを行なう場合における、エッチングレートの均一性の高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度（回転角度 $\theta$ ）に対する依存性についての考察である。ドライエッチングのプロセス条件は〔表5〕に示すとおりであって、〔表5〕において、ICPとはシングルスパイラルコイル4に印加される高周波電力（以下、ICP電力と称する。）を示し、RFとは試料台2に印加される高周波電力（以下、RF電力と称する。）を示し、xはICP電力の大きさを示している。

【0063】

【表5】

HBr/Cl <sub>2</sub>	100/100 (sccm)
ICP/RF	x/100 (W)
圧 力	10 (mTorr)
試料台の温度	50 (℃)

【0064】図7は、RF電力を100 (W) に固定した状態でICP電力 (x) を100、250、400

(W) と変化させた場合における、エッチングレートの均一性の高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度に対する依存性を示している。図7から分かるように、高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度が180度に近くなるほど、エッチングレートの均一性が小さくなると共に、ICP電力が大きいほど、つまりRF電力に対するICP電力の割合が大きいほど、エッチングレート均一性のオーバーラップ角度に対する依存性が大きくなる。この理由は、RF電力に対するICP電力の割合が大きいほど、チャンパー1のプラズマ発生領域に存在するプラズマの量が多くなり、これに伴って、プラズマ中のラジカルの分布状態がエッチングレートの均一性に及ぼす影響が大きくなるためである。

【0065】(第4の実施形態) 以下、本発明の第4の実施形態に係るプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法について、図1(a)、(b)、図8及び図18(c)を参照しながら説明する。

【0066】第4の実施形態は、第1の実施形態に係るプラズマエッチング装置を用いて、図18(c)に示すような、半導体基板10の上にシリコン酸化膜12を介して堆積されたタンガステンシリコン膜14に対してドライエッチングを行なう場合における、エッチングレートの均一性の高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度(回転角度 $\theta$ )に対する依存性についての考察である。ドライエッチングのプロセス条件は[表6]に示すとおりであって、[表6]において、ICP及びRFの意味は[表5]と同じであり、yはチャンパー1内の圧力である。

【0067】

【表6】

Cl <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	100/5 (sccm)
ICP/RF	300/100 (W)
圧 力	y (mTorr)
試料台の温度	50 (℃)

【0068】図8は、チャンパー1内の中央部(排気側領域と反排気側領域との境界近傍)の圧力を5、10、30 (mTorr) と変化させた場合における、エッチングレートの均一性の高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度に対する依存性を示している。図8から分かるように、高電圧領域と排気側領域とのオーバーラップ角度が180度に近くなるほど、エッチングレートの均一性が小さくなると共に、チャンパー1内の圧力が小さいほど、エッチングレート均一性のオーバーラップ角度に対する依存性が大きくなる。この理由は、チャンパー1内の圧力が小さいほど、つまりチャンパー1のプラズマ発生領域に存在するプラズマの量が少ないほど、プラズマ中のラジカルの平均自由行程が長くなるので、プラズマ中のラジカルの分布状態がエッチングレートの均一性に及ぼす影響が大きくなるためである。

【0069】(第5の実施形態) 以下、本発明の第5の実施形態に係るプラズマエッチング装置及びプラズマエッチング方法について図9(a)、(b)を参照しながら説明するが、第1の実施形態と同一の部材については同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0070】第5の実施形態の特徴として、シングルスパイラルコイル4の相対的に電圧が低い領域である低電圧領域と試料台2のガス排出部5側の領域である排気側領域とは、チャンパー1の中心軸に対して同じ側(図9における左側)に位置していると共に、シングルスパイラルコイル4の相対的に電圧が高い領域である高電圧領域と試料台2のガス排出部5と反対側の領域である反排気側領域とは、チャンパー1の中心軸に対して同じ側

(図9における右側)に位置している。すなわち、第1の直線L1が第2の直線L2に対して時計回りに回転する回転角度 $\theta$ (図11～図13を参照)は0度になっている。

【0071】従って、チャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4の低電圧領域と対応すると共に試料台2の排気側領域と対応する領域は反応性ラジカルの分布量が少ない一方、チャンパー1のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル4の高電圧領域と対応すると共に試料台2の反排気側領域と対応する領域は反応性ラジカルの分布量は多くなる。従

って、チャンパー１のプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量は均一にならないので、試料台２に保持された半導体基板３の被エッチング膜に対するエッチングレートも均一にはならず、チャンパー１のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル４の低電圧領域及び試料台２の排気側領域と対応する領域はエッチングレートは小さい一方、チャンパー１のプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイル４の高電圧領域及び試料台２の反排気側領域と対応する領域はエッチングレートは大きい。すなわち、試料台２に保持された半導体基板３の被エッチング膜に対するエッチングレートは均一にはならないが、エッチングレートのプラズマエッチング装置毎のばらつきは低減する。

【００７２】第５の実施形態に基づいて図１８（ａ）に示したＡＲＣ１１に対して、〔表１〕に示すエッチング条件でプラズマエッチングを行なったところ、エッチングレートの均一性は±７．８％であったが、エッチングレートのプラズマエッチング装置毎のばらつきはなかった。

【００７３】尚、前記各実施形態においては、被エッチング膜の種類は特に問題にならず、ＡＲＣ、レジスト膜、シリコン系膜、窒化膜、メタル合金膜又は強誘電体膜等のいずれの膜であっても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【００７４】

【発明の効果】本発明のプラズマエッチング装置又はプラズマエッチング方法によると、チャンパーのプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイルの高電圧領域と対応すると共に試料台の排気側領域と対応する領域、及びチャンパーのプラズマ発生領域におけるシングルスパイラルコイルの低電圧領域と対応すると共に試料台の反排気側領域と対応する領域のいずれにおいても、反応性ラジカルの分布量は平均化されるため、チャンパーのプラズマ発生領域における反応性ラジカルの分布量が均一になるので、試料台に保持される基板の被エッチング膜に対するエッチングレートは、被エッチング膜の面内において均一になると共にプラズマエッチング装置間におけるエッチングレートの面内均一性はばらつかない。

【図面の簡単な説明】

【図１】（ａ）、（ｂ）は本発明の第１の実施形態に係るプラズマエッチング装置を示し、（ａ）はシングルスパイラルコイルの概略平面図であって、（ｂ）はプラズマエッチング装置の概略断面図である。

【図２】本発明の第１の実施形態に係るプラズマエッチング装置のチャンパーの概略平面図である。

【図３】本発明の第１の実施形態に係るプラズマエッチング装置のシングルスパイラルコイルの第１の具体例を示す平面図である。

【図４】本発明の第１の実施形態に係るプラズマエッチング装置のシングルスパイラルコイルの第２の具体例

を示す平面図である。

【図５】（ａ）、（ｂ）は本発明の第２の実施形態に係るプラズマエッチング装置のシングルスパイラルコイルを示し、（ａ）は平面図であって、（ｂ）は断面図である。

【図６】本発明の第１の実施形態及び第２の実施形態に係るプラズマエッチング方法における、エッチングレートの均一性とオーバーラップ角度との関係を示す図である。

【図７】本発明の第３の実施形態に係るプラズマエッチング方法における、エッチングレートの均一性とオーバーラップ角度との関係を示す図である。

【図８】本発明の第４の実施形態に係るプラズマエッチング方法における、エッチングレートの均一性とオーバーラップ角度との関係を示す図である。

【図９】（ａ）、（ｂ）は本発明の第５の実施形態に係るプラズマエッチング装置を示し、（ａ）はシングルスパイラルコイルの概略平面図であって、（ｂ）はプラズマエッチング装置の概略断面図である。

【図１０】従来のプラズマエッチング装置の概略断面図である。

【図１１】本発明に係るプラズマエッチング装置のシングルスパイラルコイルの低電圧領域及び高電圧領域を説明する平面図である。

【図１２】本発明に係るプラズマエッチング装置の試料台の排気側領域及び反排気側領域を説明する平面図である。

【図１３】本発明に係るプラズマエッチング装置において、シングルスパイラルコイルの低電圧領域と高電圧領域とを分ける第１の直線が試料台の排気側領域と反排気側領域とを分ける第２の直線に対して回転する回転角度を説明する図である。

【図１４】（ａ）は、本発明に係るプラズマエッチング装置における試料台の排気側領域及び反排気側領域の反応性ラジカルの分布を説明する図であり、（ｂ）は、本発明に係るプラズマエッチング装置におけるシングルスパイラルコイルの低電圧領域及び高電圧領域の反応性ラジカルの分布を説明する図である。

【図１５】（ａ）は、本発明に係るプラズマエッチング装置における排気側領域且つ高電圧領域及び反排気側領域且つ低電圧領域の反応性ラジカルの分布を説明する図であり、（ｂ）は、本発明に係るプラズマエッチング装置における排気側領域且つ低電圧領域及び反排気側領域且つ高電圧領域の反応性ラジカルの分布を説明する図である。

【図１６】（ａ）及び（ｂ）は本発明の各実施形態において、シングルスパイラルコイルの高電圧領域と試料台の排気側領域とがチャンパーの中心軸に対してほぼ同じ側に位置する条件を示す図である。

【図１７】本発明及び従来のプラズマエッチング装置を用いてプラズマエッチングを行なう場合のエッチング

レートの一均性の定義を説明する図である。

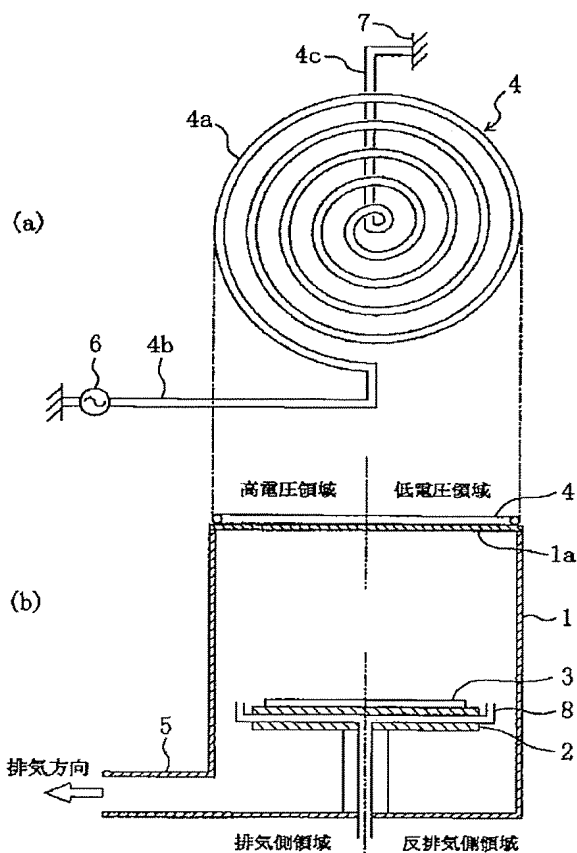
【図18】(a)～(c)は、本発明及び従来のプラズマエッチング方法の対象となる被エッチング膜を説明する断面図である。

【符号の説明】

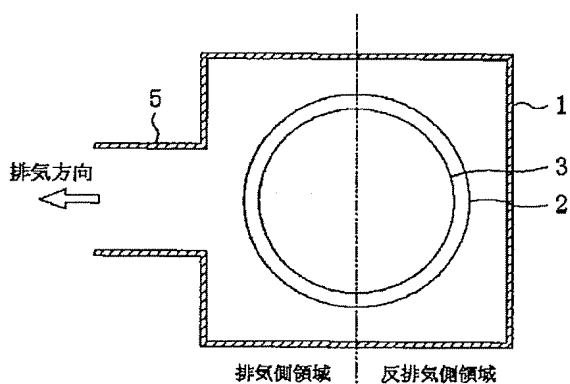
- 1 チャンバー
- 1 a 石英板
- 2 試料台
- 3 半導体基板
- 4 シングルスパイラルコイル
- 4 a コイル部分
- 4 b 電源側引き出し部
- 4 c 接地側引き出し部
- 4 A 第1のスパイラルコイル

- 4 B 第2のスパイラルコイル
- 4 C 第3のスパイラルコイル
- 5 ガス排出部
- 6 高周波電力供給源
- 7 接地源
- 8 ガス導入部
- 10 半導体基板
- 11 ARC
- 12 シリコン酸化膜
- 13 ポリシリコン膜
- 14 タングステンシリコン膜
- L1 第1の直線
- L2 第2の直線
- $\theta$  回転角度

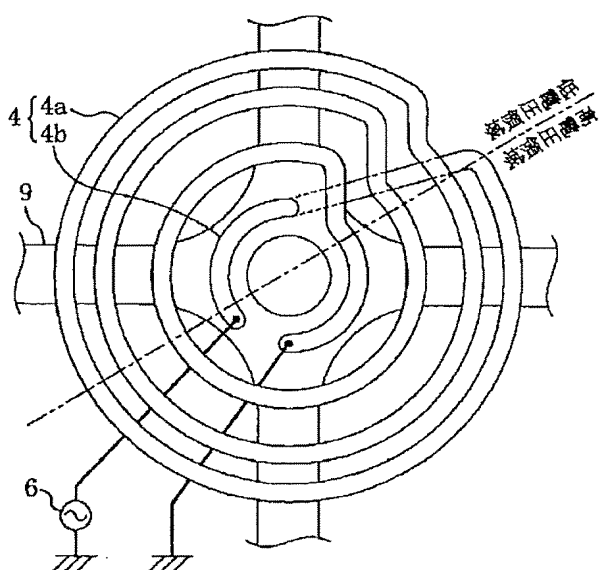
【図1】



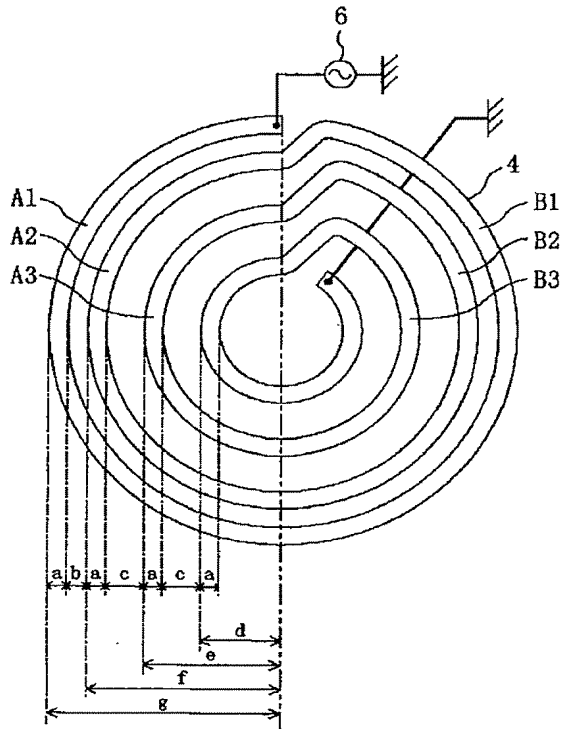
【図2】



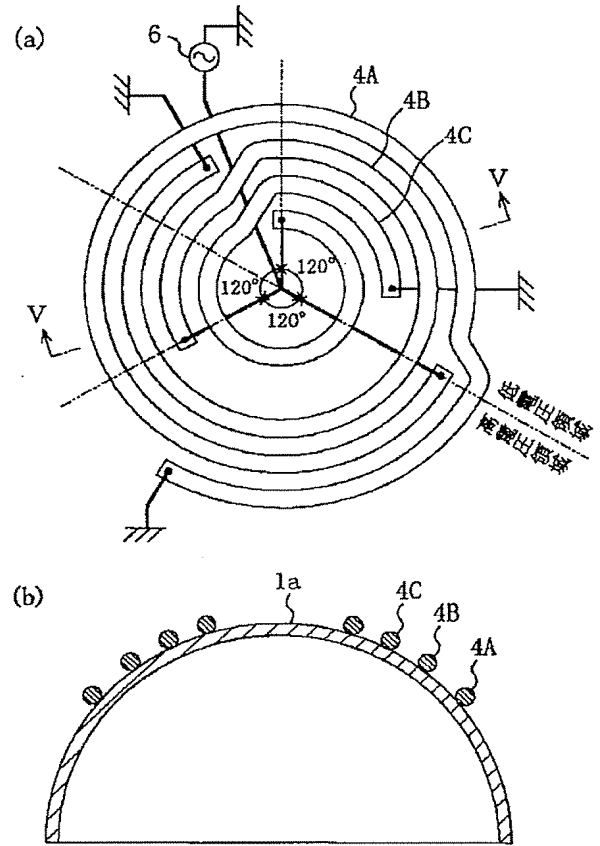
【図4】



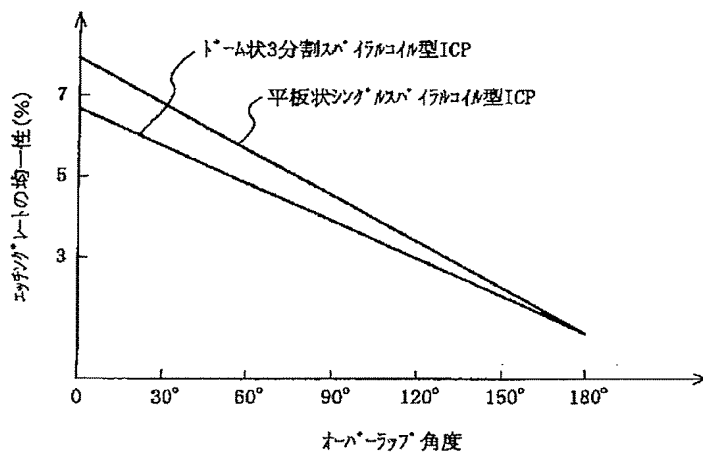
【図3】



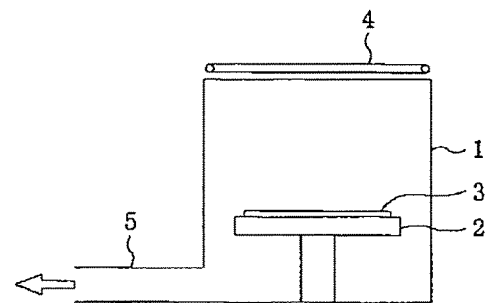
【図5】



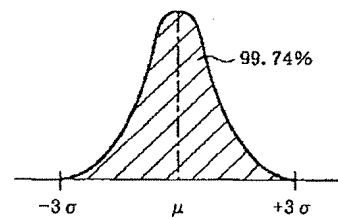
【図6】



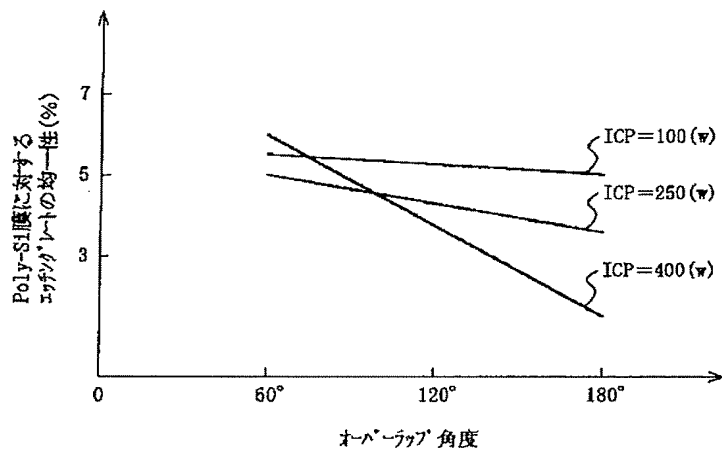
【図10】



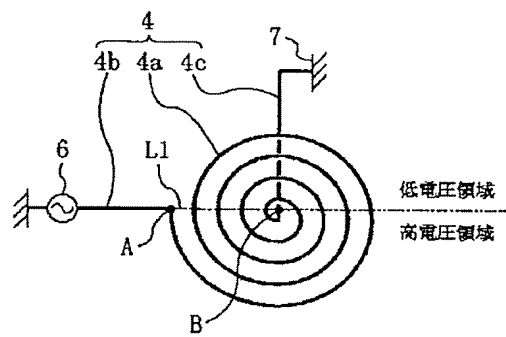
【図17】



【図 7】

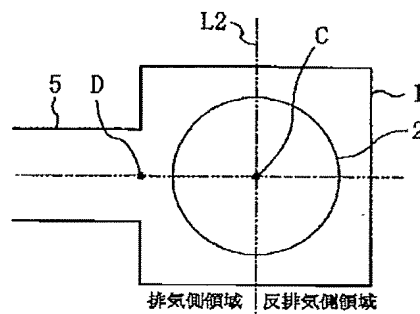
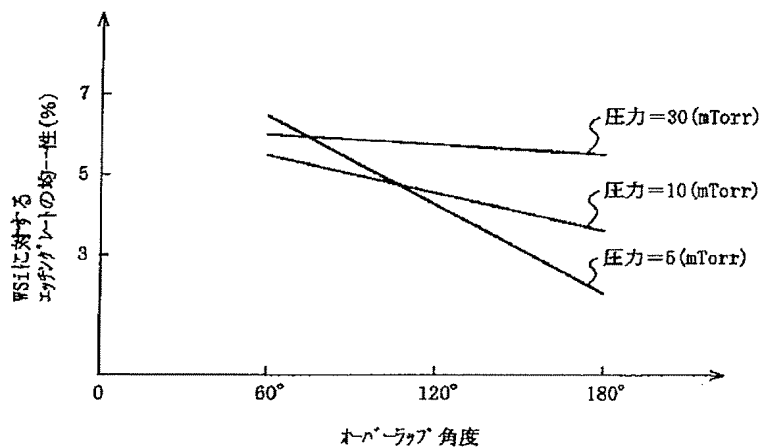


【図 11】



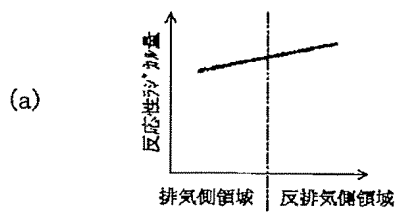
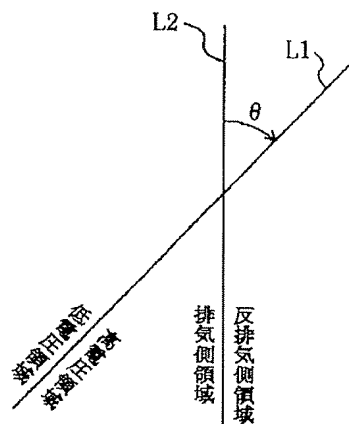
【図 12】

【図 8】

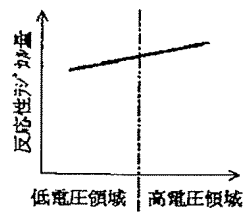


【図 14】

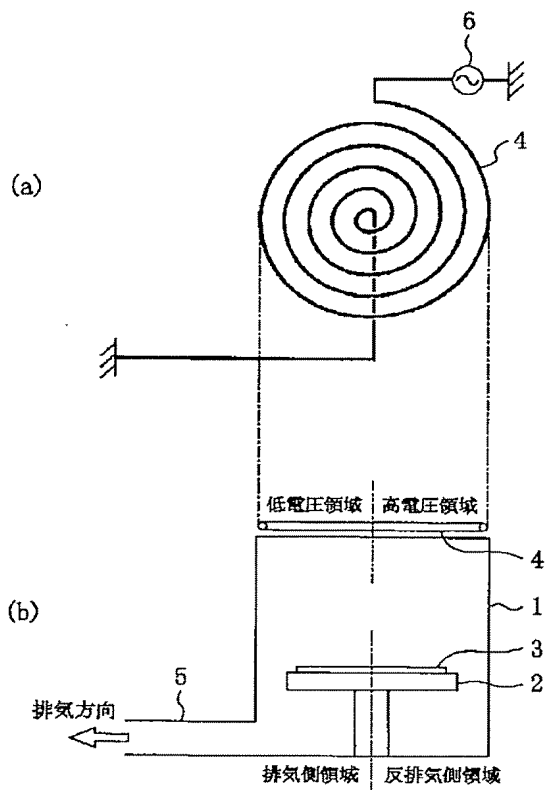
【図 13】



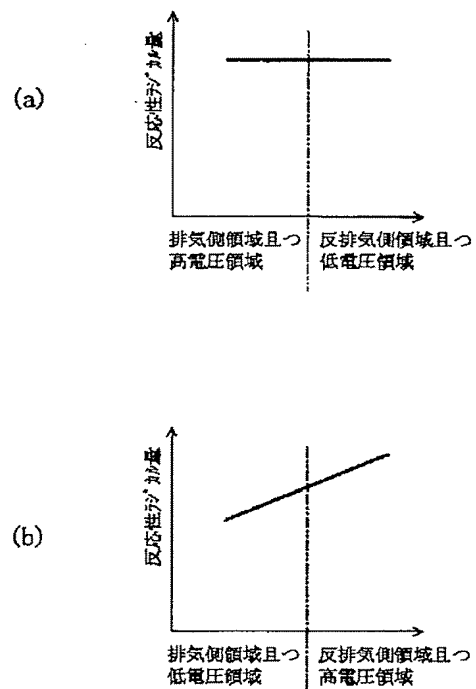
(b)



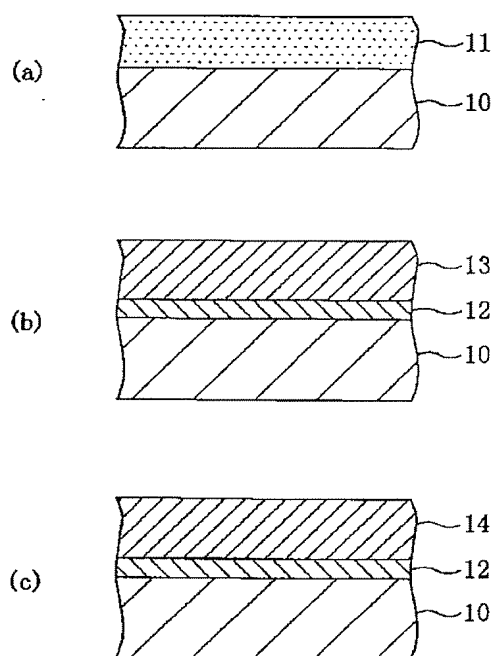
【図 9】



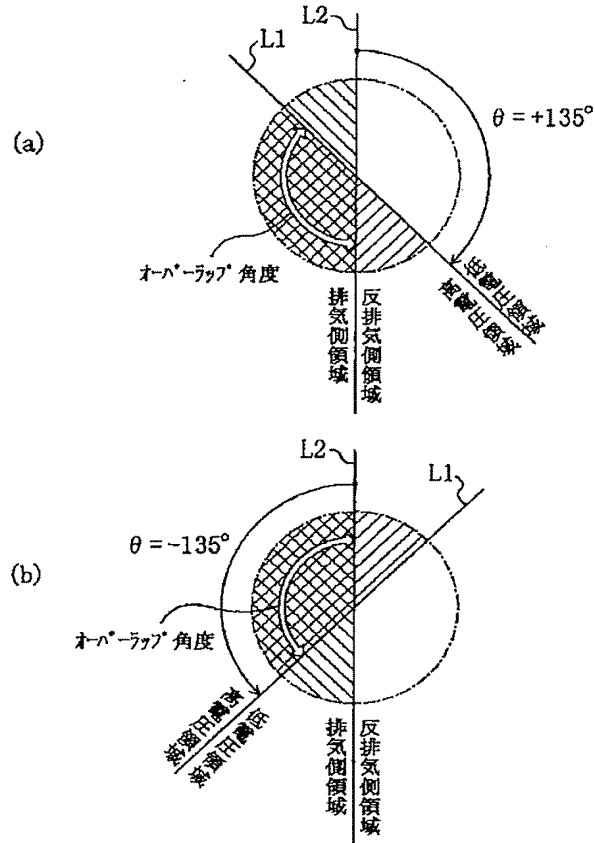
【図 15】



【図 18】



【図 16】



【提出日】平成 11 年 5 月 24 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チャンバーと、前記チャンバーに設けられ前記チャンバー内にエッチングガスを導入するガス導入部と、前記チャンバーの側部に設けられ前記チャンバー内のガスを排出するガス排出部と、前記チャンバーの内部に設けられた試料台と、前記チャンバーの外部に前記試料台と対向するように設けられ高周波誘導電界によりプラズマを発生させるスパイラルコイルとを備えたプラズマエッチング装置において、前記スパイラルコイルの高電圧領域と前記試料台の排気側領域とは前記チャンバーの中心軸に対して同じ側に位置し、オーバーラップ角度は、135°～180°であることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 2】 前記スパイラルコイルは、平面形状又はドーム形状を有するシングルスパイラルコイルであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 3】 前記スパイラルコイルは、互いに並列に配置された複数のスパイラルコイルのうち最大の長さを有するスパイラルコイルであることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 4】 前記スパイラルコイルに印加される高周波電力は前記試料台に印加される高周波電力よりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマエッチング装置。

【請求項 5】 チャンバー内に導入されたエッチングガスを、前記チャンバー内の試料台と対向するように設けられたスパイラルコイルに発生する高周波誘導電界によってプラズマ化するプラズマ発生工程と、プラズマ化した前記エッチングガスを前記試料台に保持された基板の被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングするエッチング工程と、前記チャンバー内のガスを前記



チャンバーの側壁に設けられたガス排出部から排出するガス排出工程とを備えたプラズマエッチング方法において、

前記エッチング工程は、前記スパイラルコイルの高電圧領域と前記試料台の排気側領域とを前記チャンバーの中心軸に対して同じ側であり、オーバーラップ角度が135～180度になるように位置させた状態で、プラズマ化した前記エッチングガスを前記被エッチング膜に導いて該被エッチング膜をエッチングする工程を含むことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項6】 前記スパイラルコイルに印加される高周波電力は前記試料台に印加される高周波電力よりも大きいことを特徴とする請求項5に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項7】 前記被エッチング膜は有機膜であることを特徴とする請求項5に記載のプラズマエッチング方法。

【請求項8】 前記被エッチング膜は有機系反射防止膜又はレジスト膜であることを特徴とする請求項5に記載のプラズマエッチング方法。